

Dégradation des sols ferrallitiques sableux en culture de palmiers à huile par acidification et compaction

Méthodes de correction (1)

J. P. CALIMAN (2), J. OLIVIN (3) et O. DUFOUR (4)

Résumé. — Un phénomène de dégradation de la fertilité a été observé sur des sols ferrallitiques sableux fortement désaturés de la savane de Dabou en Côte d'Ivoire. Mis en évidence en replantation, où les rendements des palmiers sont inférieurs de 20 à 30 p. 100 à ceux des extensions, ce phénomène semble en fait se développer progressivement depuis la première génération. Ces faibles productions sont associées à un mauvais développement végétatif des palmiers et de la plante de couverture qui disparaît peu à peu. Les observations ont montré que ce phénomène était la conséquence d'une légère acidification des sols et essentiellement de la formation d'un horizon compact empêchant un bon développement du système racinaire. Les techniques de préparation des sols lors de la mise en valeur de la savane (passages répétés de pulvérisateurs) et celles d'abattage avant replantation (bulldozer) peuvent être associées au deuxième phénomène. A partir de ce point de départ, d'autres processus semblent se réaliser : selon le pH ambiant, les hydroxydes d'aluminium, de fer et de silice entraînés par les eaux de percolation peuvent s'accumuler et précipiter lorsque la circulation de l'eau est entravée, formant un ciment entre les particules de sables. Des méthodes correctives alliant travail profond du sol et amendement sont à l'étude. Le sous-solage effectué avant replantation permet un meilleur développement des jeunes palmiers. Le gypse est étudié dans le but de stabiliser la bonne structure du sol ainsi obtenue après sous-solage. Ces techniques sont également étudiées en plantations adultes afin d'enrayer le phénomène. Enfin, une attention particulière est apportée tout au long de l'exploitation de la palmeraie avec une fertilisation plus équilibrée en cation monovalent et bivalents, et une réduction de l'utilisation des engins mécaniques.

La plantation expérimentale de palmiers à huile Robert-Michaux a été créée à partir de 1930 dans la savane de Dabou (Côte d'Ivoire). Dès les replantations, qui ont été entreprises progressivement à partir de 1965, des anomalies de développement et des faibles rendements ont été observés en 1980 après cinq années beaucoup plus sèches que les précédentes (5). Tous âges confondus, les productions en replantation sont inférieures de 20 à 30 p. 100 à celles obtenues en extension. En fait, ce phénomène semble se développer progressivement depuis la première génération par une diminution discrète du potentiel de production (Tabl. I). Ces faibles performances s'accompagnent d'un mauvais développement végétatif des palmiers dont les feuilles basses se dessèchent précocement ; la plante de couverture a du mal à s'installer. Il y a donc eu une perte progressive de la fertilité des sols bien que les techniques

culturelles utilisées, y compris la fertilisation, relevaient apparemment toutes d'une gestion en « bon père de famille ».

I. — ORIGINE DU PHÉNOMÈNE

1. — Les résultats d'une enquête de pH ont mis en évidence une acidification assez sensible et significative des sols en replantation [Delval, 1981] :

- pH des sols en extension : 4,92,
- pH des sols en replantation : 4,67.

Cependant, cette légère acidification ne peut expliquer à elle seule les pertes de rendement observées : la plantation de La Mé réalisée sur des sols identiques mais en zone forestière possède en moyenne des sols plus acides et la perte de potentiel y est beaucoup moins sensible, et limitée au jeune âge.

2. — D'un point de vue physico-chimique ces sols formés sur des sables sédimentaires du tertiaire, sont ferrallitiques très désaturés. Ils sont constitués de 85 à 90 p. 100 de sables et environ 10 p. 100 d'argile pour les horizons superficiels. Les teneurs en K total de ces horizons sont plus

(1) Communication présentée aux « 1987 International oil palm/palm oil Conferences, Progress and prospects », 23-26 juin 1987 à Kuala Lumpur (Malaisie).

(2) Service Recherche, Plantation expérimentale Robert-Michaux, B.P. 8, Dabou (Côte d'Ivoire).

(3) Division Agronomie, IRHO-CIRAD, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

(4) IRHO-CIRAD, 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France)

(5) Déficit hydrique annuel moyen 1968/75 : 170 mm - 1976/80 : 440 mm.

TABLEAU I. — Evolution de la production en extension et en replantation (t régimes/ha/an)
(Production trends in extension and in replanting - t FFB/ha/yr)

	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	Total
E	5,5	8,3	11,0	12,4	13,0	14,4	13,1	12,8	10,4	9,5	9,8	9,5	9,3	139,0
R	3,5	5,9	6,4	9,3	10,3	9,8	9,9	10,3	8,5	8,8	8,2	8,3	8,3	107,5
R/E	64	71	58	75	79	68	76	80	82	93	84	87	89	77

grandes en replantation qu'en extension (Tabl. II). On y trouve une fraction non négligeable d'hydroxydes d'aluminium, de fer et de silice facilement solubles et donc entraînés par les eaux de percolation. Des expériences en colonnes de terre sur échantillons non remaniés ont montré que, suivant le pH ambiant, ces hydroxydes étaient plus ou moins solubilisés [Guyot et Concaret, 1985]. Ainsi, une diminution du pH augmente la solubilité des hydroxydes d'aluminium et de fer tandis qu'elle freine celle des hydroxydes de silice.

TABLEAU II. — Caractéristiques physico-chimiques des sols en extension et en replantation — horizon 0 à 20 cm

(Physicochemical characteristics of soils in extension and in replanting — horizon 0-20 cm).

	Replantation (Replanting)	Extension
Eléments totaux (Total elements)		
Ca	Trace	Trace
Mg	0,22	0,21
K	0,35	0,25
Na	0,12	0,07
Fe	18,5	20,0
Al	14,5	15,1
Zn	16	16
Mn	45	60
B	1,3	0,9
Granulométrie (Texture)		
A	9,7	10,7
L	1,4	2,0
Stf	1,4	2,6
Sf	22,7	23,9
Sg	64,7	61,6
Matière organique (Organic matter)		
Mo	1,94	2,00
C	1,13	1,17
N	0,82	0,80
C/N	13,5	14,5
Phosphore (Phosphorus)		
Total	434	397
Olsen	72	95
Saunders	170	153
Complexe absorbant (Absorbant complex)		
Ca	0,25	0,31
Mg	0,10	0,15
K	0,07	0,10
Na	0,01	0,01
CEC	4,31	3,98
Saturation p. 100	10	14
Al échang. méq/100 g	1,29	1,04
pH eau (water)	4,7	5,0
pH KCl	3,9	4,1

3. — La nutrition hydrique des palmiers s'avère différente entre extension et replantation : les palmiers plantés en replantation ont une moindre résistance à la sécheresse et les stomates se ferment plus précocément. Ce phénomène traduit une moindre rétention en eau des horizons superficiels des sols en replantation.

Plusieurs expériences de paillage et de sol nu en jeunes cultures ont montré que les palmiers souffraient d'un déficit dans l'alimentation hydrique. Par ces techniques d'économie en eau, l'amélioration de croissance pouvait être remarquable (Tabl. III). Ce déficit provient aussi dans une large mesure de l'insuffisance des pluies durant la saison sèche.

TABLEAU III. — Amélioration de croissance par paillage et sol nu.
(Growth improvement through mulching and bare soil)

DA-ES 130	Témoin (Control)	Paillage du rond (rafles) (Circle mulching-bunch stalks) 12 m ²
Circonférence au collet (Girth) — cm —	110,8	123,7** (+ 12 %)
Longueur feuille 4 (Length of leaf 4) — cm —	240,4	262,8** (+ 9 %)
DA-CP 25	Témoin (Control) (Pueraria)	Sol nu chimique (Bare soil - chemically)
Circonférence collet (Girth) — cm —	129,5	160,4* (+ 24 %)
Longueur feuille 4 (Length of leaf 4) — cm —	227,2	252,3* (+ 11 %)

4. — L'observation des profils pédologiques révèle, en replantation, la présence d'un horizon compact s'étendant jusqu'à 40-50 cm environ de profondeur. Cet horizon est difficilement pénétrable par les racines. Celles-ci y apparaissent beaucoup moins ramifiées qu'en extension. Les mesures racinaires confirment ces observations : le système racinaire des palmiers en replantation est moins étendu, beaucoup plus concentré vers l'andain de feuilles et moins ramifié. En jeunes replantations, les profils font apparaître un développement superficiel des racines dans les 5-10 cm ameublés par les passages de cover-crop lors des préparations de terrains.

5. — Les mesures de densité apparente effectuées sur des plantations de différents âges en extension et replantation mettent en évidence un phénomène de tassement progressif des sols [Dufour et Olivin, 1985] (Fig. 1). De même, les mesures de résistance à la pénétration effectuées sur trois sites — savane, extension, replantation — pour différentes conditions d'humidités, font apparaître précisément le développement et l'intensité de l'horizon compact (Fig. 2). En savane, au-dessous d'un horizon très meuble 0-20 cm, on rencontre une couche résistante (20-40 cm) qui peut devenir très dure à l'état sec. En extension âgée de 11 ans, cet horizon se développe vers la surface et atteint des résistances importantes à la pénétration. Ceci est probablement consécutif aux nombreux passages de cover-crop effectués lors de la préparation de la savane pour éliminer une adventice, l'*Imperata cylindrica*. En replantation, les préparations de terrains (labours superficiels) ont ameubli provisoirement la surface. En revanche l'horizon résistant se développe vers la profondeur (50-60 cm).

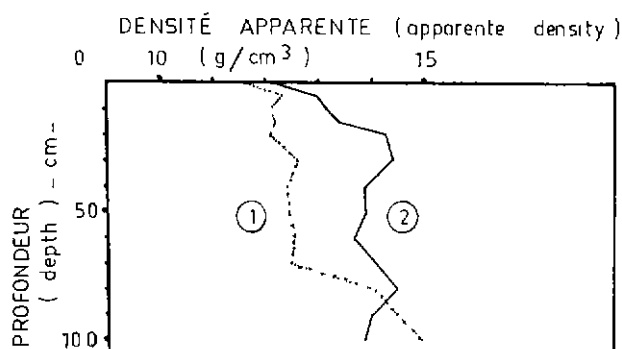


FIG. 3. — DA-CP 27 : Densité apparente (Soil apparent density).

(1) Sous-solage (Subsoiling) ;
(2) Témoin (Control).

mois après le planting montraient des différences importantes (Fig. 4) :

- nombre de racines plus élevé,
- ramifications plus abondantes,
- meilleure exploitation en profondeur et en distance par rapport au palmier ;

— ce meilleur développement des racines, associé à la meilleure rétention en eau des sols a permis un meilleur comportement des palmiers en début de saison sèche (Fig. 5) : les stomates des palmiers plantés sur le sol sous-solé se sont fermés plus tardivement que ceux des palmiers témoins ;

— le développement végétatif des jeunes palmiers âgés de 18 mois est amélioré pour tous les paramètres mesurés (Tabl. V). L'indice de vigueur, qui intègre simultanément deux caractères (circonférence au collet, longueur de la plus grande feuille) reflète bien les différences d'aspects des jeunes palmiers au champ ; de même que le nombre de feuilles vertes, exprimant un potentiel photosynthétique plus grand des palmiers plantés après sous-solage ;

— les observations sur les premières inflorescences apparues et les premiers régimes formés font apparaître une meilleure précocité des palmiers plantés en zone sous-solée (Tabl. VI). Ainsi, 40 p. 100 des jeunes palmiers ont eu à

TABLEAU V. — DA-CP 27 : Observations de croissance 18 mois après le planting.
(Growth observations 18 months after planting)

	Témoin (Control)	Sous-solage (Subsoiling)
Circonférence au collet (Girth) (cm)	88,9 (100)	96,0 (108)**
Longueur feuille 4 (cm) (Length of leaf 4)	169,9 (100)	180,2 (106)**
Indice de vigueur (Vigour index)(dm ³)	163,7 (100)	202,0 (123)**
Emission foliaire (Leaf emission)	33,7 (100)	36,2 (107)**
Nbre de feuilles vertes (No. of green leaves)	15,8 (100)	17,4 (110)**

Différence entre traitements (Difference between treatments) :
* = $P < 0,05$ - ** = $P < 0,01$.

TABLEAU VI. — DA-CP 27 : Inflorescences femelles et régimes 18 mois après le planting.
(Female inflorescences and bunches 18 months after planting).

	Témoin (Control)	Sous-solage (Subsoiling)
Inflorescences ♀ + régimes/palmier (+ bunches/tree)	0,56 (100)	1,16 (205)**
Nbre de palmiers portant des régimes ou inflorescences (par parcelle de 18 palmiers). (No. of trees bearing bunches or inflorescences - per plot of 18 trees)	4,0 (100)	7,1 (178)**
Nbre de régimes ou inflorescences par palmier porteur (No. of bunches or inflorescences per bearing tree)	2,6 (100)	2,8 (109)

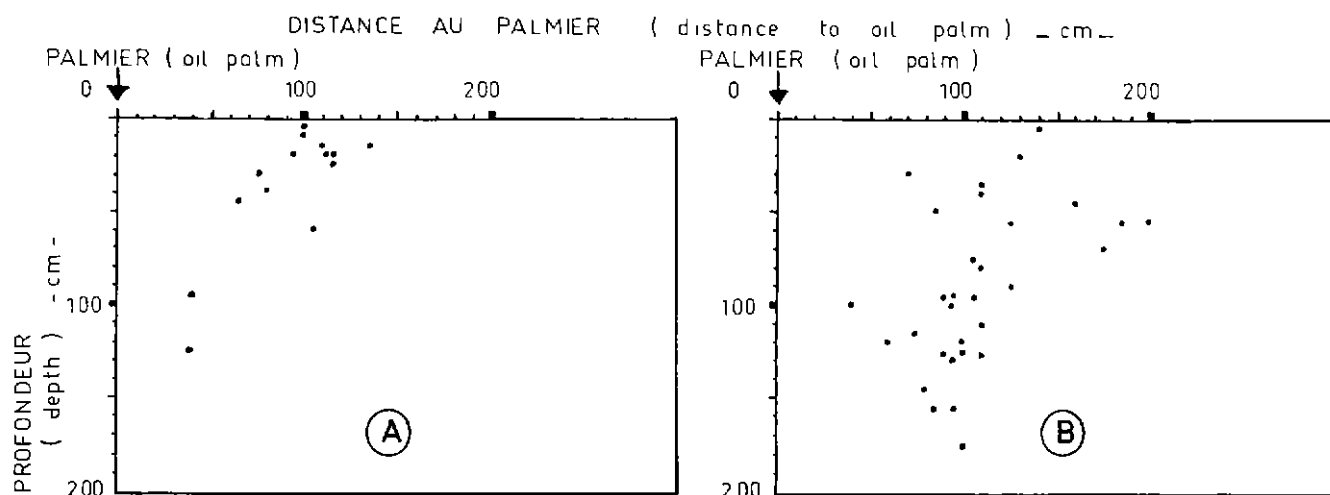


FIG. 4. — DA-CP 27 — Profils racinaires (Root profiles) : • = Extrémité des racines (Root tips)

(A) : Témoin (Control) ;

(B) : Sous-solage (Subsoiling)

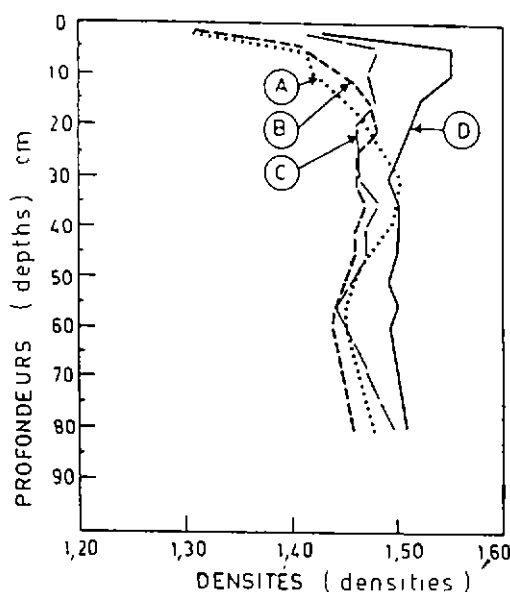


FIG. 1. — Evolution des profils de densité avec l'âge dans l'interligne en extension (*Evolution of density profiles with age in the interrow of an extension*)

(A) : Savane (*Savannah*) ;
(B) : N8 ;
(C) : N16 ;
(D) : N20.

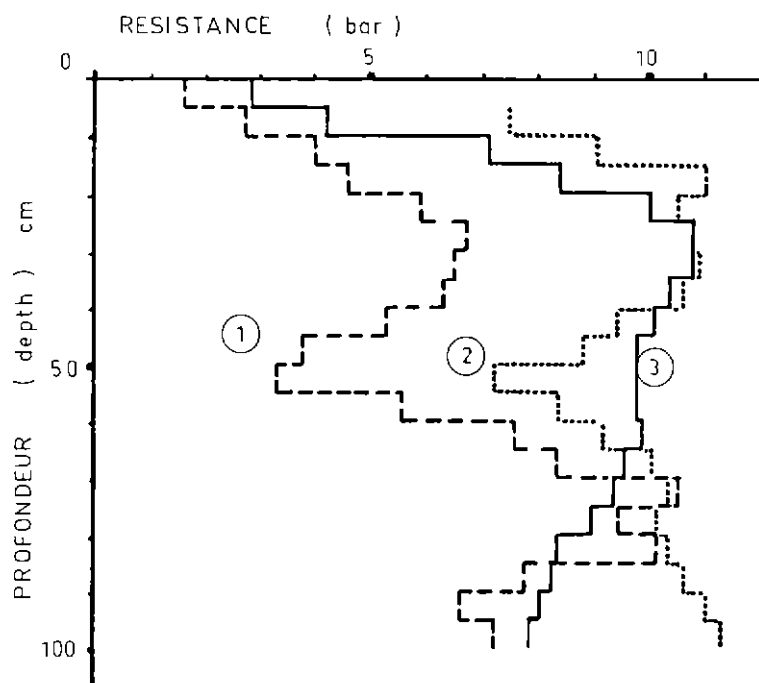


FIG. 2. — Résistance mesurée à une humidité de 10-11 p. 100 (P. 100 Ps)
(1) Savane (*Savannah*), (2) Extension, (3) Replantation (*Replanting*)

6. — **Tous ces phénomènes** — acidification, solubilisation et précipitation des hydroxydes, tassement lors du défrichement de la savane et de l'abattage mécanique de la 1^{re} palmeraie — peuvent servir de point de départ à un phénomène de cimentation entre les particules de sables lorsque la circulation des eaux de percolation est entravée. Leurs conséquences sur les cultures sont particulièrement importantes en périodes de fort déficit pluviométrique.

II. — ÉTUDE DES MÉTHODES CORRECTIVES

1. — **Le sous-solage profond** (70-80 cm) effectué **avant replantation** est actuellement étudié pour éclater la couche compacte du sol et créer ainsi une nouvelle structure favorable au développement du système racinaire des palmiers.

a) **Un premier essai** orientatif a été mis en place en 1983. Le matériel utilisé pour le sous-solage était constitué d'un ripper de travaux publics équipé de 3 dents de 80 cm espacées de 1 mètre. Une amélioration de croissance de 8 p. 100 mesurée sur la circonférence au collet a été observée sur les jeunes palmiers âgés de 1 an. Ce gain peut être associé à une très bonne exploitation par le système racinaire de la zone travaillée.

Cependant, l'éclatement obtenu avec cet appareil est faible :

- 40-50 cm de profondeur seulement du fait d'un bourrage des anciennes racines des palmiers à l'avant des dents, obligeant à un relevage de l'outil ;
- faible éclatement latéral de par l'utilisation de corps sous-solers non équipés d'ailettes.

De ce fait, l'effet positif sur la croissance a été éphémère : à deux ans d'âge, les différences observées sont faibles (Tabl. IV).

TABLEAU IV. — DA-ES 143 (RE 1983) :
Circonférence au collet (*Girth*) (cm).

	Juin (<i>June</i>) 1984	Juin (<i>June</i>) 1985
Témoin (<i>Control</i>)	50 (100)	112 (100)
Sous-solage (<i>Subsoiling</i>)	54** (108)	115 (103)

b) **Une amélioration de l'appareil de sous-solage** a été réalisée par :

- allongement des dents ;
- adjonction d'ailettes latérales ;
- mise en place d'un couteau circulaire à l'avant des dents afin de sectionner les anciennes racines des palmiers sur une profondeur de 35 cm environ.

L'éclatement du sol ainsi obtenu est considérablement amélioré.

c) **Une nouvelle expérience de sous-solage** (DA-CP 27) a été mise en place en 1984 avec le dernier modèle de sous-solage.

Les résultats suivants ont été obtenus :

- les mesures de densité apparente mettent en évidence l'éclatement obtenu et l'amélioration de la porosité créée par le sous-solage jusqu'à une profondeur de 70-80 cm (Fig. 3) ;
- cette amélioration de la porosité permet une meilleure infiltration des eaux de pluies et une plus grande capacité de rétention ;
- les premières observations racinaires effectuées six

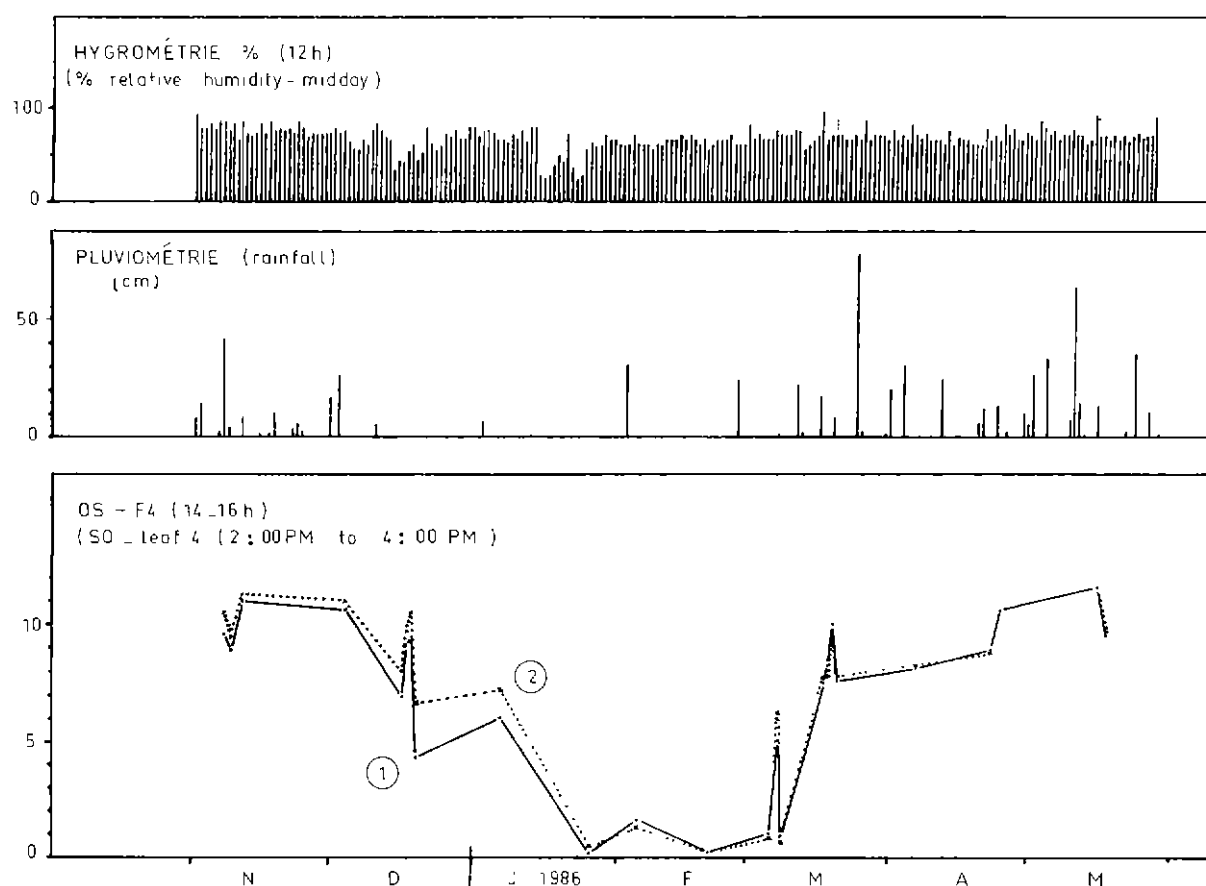


FIG. 5. — DA-CP 27 Ouvertures stomatiques (*Stomatal opening*). (1) Témoin (*Control*) ; (2) : Sous-solage (*Subsoiling*)

18 mois une phase sexuée femelle, contre seulement 23 p. 100 des palmiers témoins. Par contre, le nombre de régimes et d'inflorescences par palmier porteur n'est pas pour l'instant significativement amélioré par le sous-solage.

2. — Les amendements.

Des études sont en cours sur l'utilisation des amendements calciques (gypse) en champ pour déterminer dans quelle mesure ceux-ci peuvent assurer une stabilisation de l'état structural du sol obtenu par le sous-solage.

Dans cette optique, l'expérience DA-CP 27 (sous-solage, témoin) a été subdivisée lors de sa mise en place afin d'étu-

dier plusieurs doses de gypse (phosphogypse) épandues sur toute la surface (0, 2, 5, 10 t/ha).

L'effet de l'amendement est positif sur de nombreux paramètres de croissance des jeunes palmiers (Tabl. VII, Fig. 6). Il est cependant difficile de savoir, en l'état actuel de nos connaissances, si l'amendement intervient sur la structure du sol ou sur la nutrition minérale des palmiers. Toutefois, les résultats du diagnostic foliaire font apparaître une amélioration de la nutrition calcique et phosphatée avec l'amendement. Des observations sont en cours afin de tenter de préciser les phénomènes en présence.

On remarque (Fig. 6) qu'il existe un certain « parallélisme » entre les courbes « Indice de vigueur » et les courbes « p. 100 d'arbres portant des régimes et des fleurs femelles ».

TABLEAU VII. — DA-CP 27 : Amendement et croissance 18 mois après le planting.
(*Amendment and growth 18 months after planting*)

	Témoin (<i>Control</i>)	2 t/ha	5 t/ha	10 t/ha
Circonférence au collet (<i>Girth</i>) (cm)	88,9 (100)	92,3 (104)**	92,9 (104)**	95,5 (107)
Indice de vigueur (<i>Vigour index</i>) (dm ²)	165,2 (100)	182,7 (111)*	187,2 (113)**	196,4 (119)
Emission foliaire (<i>Leaf emission</i>)	33,8 (100)	34,6 (102)	35,1 (104)	36,1 (107)
Feuilles vertes (<i>Green leaves</i>)	16,1 (100)	16,3 (101)	16,8 (104)*	17,4 (108)
% palmiers portant des petits régimes ou des inflorescences femelles - (% of trees bearing small bunches or female inflorescences)	26	31	33	37

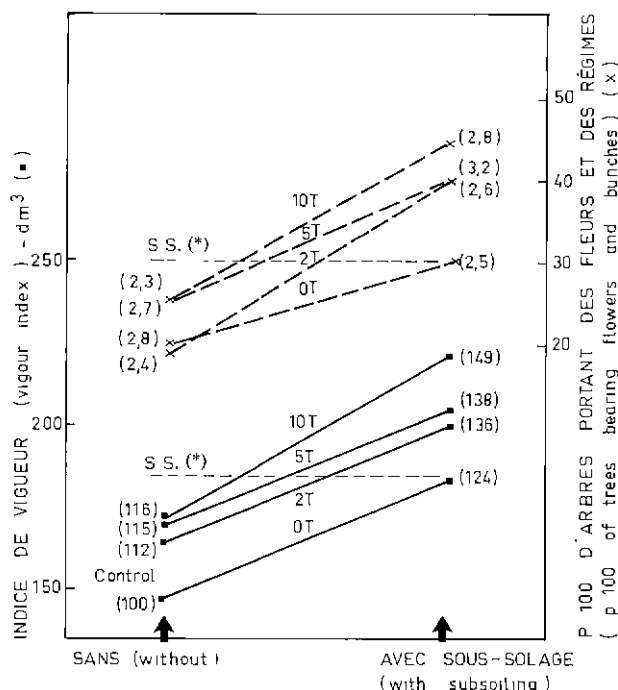


FIG. 6. — DA-CP 27 : Indice de vigueur et floraison (Vigour index and flowering) âge : 18 mois (months).

Entre parenthèses (in brackets) :

— pour I.V. p. 100 par rapport au témoin sans sous-solage et sans gypse (p. 100 compared to control without subsoiling and without gypsum)

— pour % fleurs + régimes (for % of flowers + bunches) nombre de fleurs et régimes par arbre porteur (Number of flowers and bunches per bearing tree).

2t : 2t/ha de gypse répandues sur toute la zone (2t/ha of gypsum spread all over the area).

(*) Sous-solage seul (subsoiling alone)

3. — En plantation adulte.

Ces techniques sont également étudiées en plantation adulte afin d'enrayer le phénomène. S'il est encore trop tôt pour tirer quelques conclusions quant au sous-solage, en revanche il existe certaines méthodes d'exploitation qui doivent permettre de diminuer les effets néfastes lors de l'exploitation de la plantation :

— fertilisation plus équilibrée en cations monovalents et bivalents ;

— réduction de l'utilisation des engins mécaniques lorsqu'elle ne s'avère pas indispensable, recherche d'équipements mieux adaptés.

III. — CONCLUSION

A l'exemple de nombreuses autres cultures, aussi bien en région tempérée qu'en région tropicale, les anomalies de développement et les faibles productions enregistrées en replantation de palmiers à huile en savane en Côte d'Ivoire, peuvent être imputées en grande partie à une mauvaise évolution des sols sableux qui ont tendance à se compacter. Des phénomènes physiques et chimiques peuvent être mis en cause.

Le sous-solage profond paraît être une technique permettant de créer une structure du sol à nouveau favorable au développement des jeunes palmiers. Les amendements calciques sont à l'étude pour tenter de stabiliser cette bonne structure. La cause de leur effet positif sur la croissance des plants n'est pas encore éclaircie. L'introduction de légumineuses arbustives à système racinaire pivotant est également à l'étude.

Des techniques de création et d'exploitation plus douces, surtout en ce qui concerne l'utilisation des engins lourds, devraient permettre aux plantations industrielles de mieux contrôler ces phénomènes. La mise en place conjointe de moyens simples de lutte contre le ruissellement (diguettes) et l'érosion (pose des palmes d'élagage dans l'interligne), même sur des terrains à pentes faibles, contribuera efficacement à la conservation de la fertilité des sols.

En zone forestière, on a constaté que la baisse de production en replantation est limitée aux premières années de récolte. La situation y est en effet différente de celle rencontrée en savane car pendant toute la durée de la première génération de palmiers, presque la moitié de la surface totale du terrain est « protégée » par l'andain et n'est donc pas affectée par la mécanisation de certaines techniques culturales. Après quelques années, les jeunes palmiers de replantation ont installé leur système racinaire dans le sol, resté meuble, de cet interligne andainé. Par contre, les mesures de densités apparentes et de résistance faites à La Mé ont montré que le même phénomène de tassement se retrouve dans l'interligne libre. Comme il n'est pas possible de « vivre » sur une moitié de terrain, dont le sol évoluera à son tour, les études sur l'évolution des sols et celles concernant les techniques pour le maintien ou la régénération de leur fertilité ont été également entreprises dans la plantation de la zone forestière de Côte d'Ivoire et du Cameroun.

RÉFÉRENCES

- DELVAL D. (1981). — Evolution des sols sous palmeraie - University report (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Nancy).
- DUFOUR O., OLIVIN J. (1985). — Evolution des sols de plantation de palmiers à huile sur savane (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 40, N° 3, p. 113-123.
- GUYOT J., CONCARET J. (1985). — Compte rendu d'expérimentations effectuées en laboratoire sur des échantillons de sol de la plantation Robert Michaux (*Communication personnelle*).

SUMMARY

Degradation of sandy ferralitic soils in oil palm cultivation through acidification and compaction. Correction methods.J. P. CALIMAN, J. OLIVIN and O. DUFOUR, *Oléagineux*, 1987, 42, N° 11, p. 393-401.

A fertility degradation phenomenon has been observed on highly desaturated sandy ferralitic soils of the Dabou savannah in Côte d'Ivoire. This is brought to light on replanting, where oil palm yields are 20 to 30 % lower than those of extensions; in effect, this phenomenon seems to develop gradually from the first generation. These low yields are associated with the poor growth development of both the oil palms and the cover crop. Observations have shown that this phenomenon is the result of slight acidification of the soils and, more essentially, of the formation of a compact horizon which prevents good development of the root system. Land preparation techniques used to valorize savannah (repeated passage of disc harrows) and felling before replanting (bulldozers) could provide an explanation for this second phenomenon. Once compaction begins, other processes seem to be triggered off: depending on ambient pH, aluminium, iron and silica hydroxides, washed away by percolation waters, can accumulate and precipitate when water circulation is hindered, resulting in the formation of a cement between the grains of sand. Corrective methods combining the deep tilling of soil and the application of amendments are being studied. Subsoiling before replanting provides for the better development of young oil palms. Gypsum applications are studied in the aim of stabilizing the good soil structure obtained after subsoiling. These techniques are also being studied in adult plantations to eliminate compaction. Particular attention is paid to this phenomenon throughout the exploitation of the plantation, using fertilizers more balanced in monovalent and bivalent cations and reducing the use of mechanical equipment.

RESUMEN

Degradación de los suelos ferralíticos arenosos en los cultivos de palma africana, por medio de acidificación y compactación. Métodos de enmienda.J. P. CALIMAN, J. OLIVIN y O. DUFOUR, *Oléagineux*, 1987, 42, N° 11, p. 393-401.

En suelos ferralíticos arenosos muy desaturados de la sabana de Dabou, en Côte d'Ivoire, se ha observado un fenómeno de degradación de la fertilidad. Se lo anotó primero en las renovaciones, donde los rendimientos de las palmas son inferiores en un 20 a un 30 p. 100 a los de las extensiones, pero en realidad este fenómeno parece desarrollarse poco a poco desde la primera generación. Estas bajas producciones se hallan asociadas con un desarrollo vegetativo malo de las palmas y de la planta de cobertura, que desaparece poco a poco. Las observaciones han mostrado que este fenómeno resultaba de una leve acidificación de los suelos, principalmente de la formación de un horizonte compacto que no permite un buen desarrollo del sistema radicular. Las técnicas de preparación de suelos en el aprovechamiento de la sabana (con los pasos repetidos de pulverizadores) y de tumba antes de la renovación (buldozer) pueden asociarse con el segundo fenómeno. Otros procesos se llevan a cabo al parecer a partir de este punto de partida: según el pH ambiente, los hidróxidos de aluminio, hierro y sílice arrastrados por las aguas de infiltración pueden acumularse y precipitar cuando la circulación del agua queda estorbada, formando un cemento que une a las partículas de arena. Unos métodos de enmienda que unen el trabajo profundo del suelo con la enmienda están siendo estudiados. La subsolación realizada antes de la renovación facilita el desarrollo de las palmas jóvenes. A fin de estabilizar la buena estructura del suelo así obtenida después de la subsolación, se está estudiando el yeso. Para detener el fenómeno, estas técnicas también están siendo estudiadas en las plantaciones adultas. Por último, durante toda la fase de explotación del palmeral, se cuida particularmente de realizar una fertilización más equilibrada en cationes monovalente y bivalentes, y de reducir el uso de vehículos mecánicos.

Degradation of sandy ferralitic soils (*) in oil palm cultivation through acidification and compaction

Correction methods (1)

J. P. CALIMAN (2), J. OLIVIN (3), and O. DUFOUR (4)

The Robert Michaux Oil Palm Experimental Plantation was created in 1930 on the savannah at Dabou (Côte d'Ivoire). In the replantings which were progressively undertaken from 1965 onwards, development anomalies and low yields were observed in 1980, after 5 years which were much drier than the previous years (5). For all ages combined, yields in replantings are 20 p. 100 to 30 p. 100 lower than those obtained in extensions. In fact, this phenomenon seems to develop gradually from the first generation with a modest reduction in production potential (Table I). These poor performances are accompanied by poor growth

development in the oil palms, whose lower leaves dry out prematurely; the cover crop has difficulty establishing itself. There has thus been a gradual loss in soil fertility, even though the crop techniques used, including fertilization, all seemed to fall in with « gilt-edged » management.

I. — ORIGIN OF THE PHENOMENON

1. — **The results of a pH check** revealed quite considerable and significant acidification of soils in replantings [Delval, 1981]:

- pH of extension soils: 4.92,
- pH of replanting soils: 4.67.

However, this slight acidification alone cannot explain the yield losses observed: the La Mè plantation which is located on identical soils, though in a forest area, has on average more acid soils and the loss in potential is much less marked and is limited to young trees.

(1) Communication presented at « 1987 International oil palm/palm oil Conferences, Progress and prospects », 23-26 June 1987, Kuala Lumpur (Malaysia).

(2) Research Service, Robert-Michaux Experimental Plantation, B.P. 8, Dabou (Côte d'Ivoire).

(3) IRHO-CIRAD, Agronomy Division, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

(4) IRHO-CIRAD, 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France).

(5) Mean annual water deficit 1968/75: 170 mm — 1976/80: 440 mm

(*) Ferralsols. FAO classification

2. — **From a physicochemical point of view**, these soils, which are formed on tertiary sedimentary sands, are very desaturated and ferrallitic. They are made up of 85 to 90 p. 100 sand and around 10 p. 100 clay for the surface horizons. Total K content in these horizons is higher in replanting than in extension (Table II). There is quite a significant fraction of aluminium, iron and silica hydroxides which are easily soluble and which can therefore be removed by percolation water. Experiments on undisturbed earth core-samples have shown that, depending on the ambient pH, these hydroxides are more or less solubilized [Guyot and Concaret, 1985]. Hence, a drop in pH increases aluminium and iron hydroxide solubility, whereas it slows down that of silica.

3. — **Oil palm water nutrition** is different between extensions and replantings : in replantings the oil palms have less resistance to drought and the stomata close prematurely. This phenomenon indicates a lower water holding capacity in the surface horizons of replanting soils.

Several experiments involving mulching and bare soil in young plantings have shown that **oil palms suffered from a deficient water supply**. The application of these water-saving techniques could result in remarkable growth improvement (Table III). This water deficit is also largely due to insufficient rainfall during the dry season.

4. — **The observation of soil profiles** reveals the presence of a compact horizon in replantings which goes down to approximately 40-50 cm. Roots have difficulty penetrating this horizon. They appear much less branched than in extensions. Root measurements confirm these observations : the oil palm root system in replantings is less extensive, less branched and much more concentrated towards the leaf windrow. In young replantings, profiles reveal development of roots within the 5-10 cm surface horizon which is broken up by the disc harrow during land preparation.

5. — **Measurements of apparent density** made on plantations at different ages in both extensions and replantings reveal a gradual soil packing phenomenon [Dufour and Olivin, 1985] (Fig. 1). Likewise, penetration resistance measurements made on three sites — savannah, extension, replanting — for different humidity levels give a precise idea of the development and intensity of the compact horizon (Fig. 2). On the savannah, below a very loose horizon from 0-20 cm, a more resistant layer is encountered (20-40 cm) which can become quite hard when dry. In an 11 year-old extension, this horizon develops towards the surface and reaches quite considerable penetration resistance levels. This is probably a consequence of the numerous disc harrow passes made during preparation of the savannah to eliminate the weed *Imperata cylindrica*. In replantings, land preparation (surface tilling) provisionally loosened the surface, but the resistant horizon develops further down (50-60 cm).

6. — **All these phenomena** — acidification, solubilization and precipitation of hydroxides, packing during savannah clearing and mechanical felling of the first oil palm plantation — can trigger off a cementing phenomenon between sand particles when circulation of percolation waters is impeded. The consequences for the crops are particularly serious in periods of high water deficit.

II. — STUDY OF CORRECTIVE METHODS

1. — **Deep subsoiling** (70-80 cm) carried out **before replanting** is currently being studied to break up the soil's compact layer and thus create a soil structure suitable for the development of the oil palm root system.

a) **an initial investigative trial** was set up in 1983. The equipment used for subsoiling consisted of a public works ripper fitted with 3 80-cm teeth spaced 1 metre apart. An 8 % growth improvement, measured at the girth, was observed on young 1 yr old oil palms. This increase can be linked to the root system's very good exploitation of the tilled area.

However, the break-up obtained using this equipment is minimal :

- 40-50 cm in depth only, due to the cluttering of old roots in front of the teeth, making it necessary to raise the tool ;

- limited lateral break-up due to the use of subsoiling bottoms with no blades.

Hence, the positive effect on growth was short-lived : at 2 yrs old, the differences observed are small (Table IV).

b) **The subsoiling equipment was improved by :**

- lengthening the teeth,
- adding lateral blades,
- installing a circular coulter at the front of the teeth, to slice through the old oil palm roots to a depth of approximately 35 cm. Soil break-up obtained in this way is considerably improved.

c) **A new subsoiling experiment** (DA-CP 27) was set up in 1984 using the same model of subsoiler. The following results were obtained :

- apparent density measurements reveal the break-up obtained and the improvement in porosity created by subsoiling down to a depth of 70-80 cm (Fig. 3) ;

- this improvement in porosity provides for better infiltration of rainwater and greater water-holding capacity.

Initial root observations made six months after planting revealed considerable differences (Fig. 4) :

- greater number of roots,
- more abundant branching,
- better use made of the soil downwards and away from the oil palm ;

- this better root development, combined with the soil's better water-holding capacity, enabled the oil palms to perform better at the start of the dry season (Fig. 5) : the stomata of trees planted on subsoiled soil closed later than those of the control trees ;

- the growth development of young palms 18 months old is improved for all the parameters measured (Table V). The vigour index, which simultaneously integrates two characters (girth, length of largest leaf) clearly reflects the differences between the appearance of young oil palms in the field ; likewise for the number of green leaves, which indicates the greater photosynthetic potential of those oil palms planted after subsoiling.

Observations carried out on the first inflorescences and bunches reveal greater precocity in oil palms planted in subsoiled areas (Table VI). Hence, at 18 months, 40 % of the young trees underwent a female sex phase compared to only 23 % of the control trees. On the other hand, the number of inflorescences and bunches per bearing oil palm is not, for the moment, significantly improved by subsoiling.

2. — Soil amendments.

Studies are under way on the use of calcium fertilizers (gypsum) in the field, to determine how successful they are in stabilizing the structural condition of soil obtained by subsoiling.

With this in mind, experiment DA CP 27 (subsoiling, control) was sub-divided when it was set up, so as to study several gypsum rates (phosphogypsum) spread over the entire surface area (0-2-5-10 tonnes/ha). The effect of the amendment is positive on numerous young oil palm growth parameters (Table VII, Fig. 6). However, it is difficult to know, at the present stage, whether the amendment has an effect on the structure of the soil or on oil palm mineral nutrition. Whatever the case, the results of the leaf analysis reveal an improvement in calcium and phosphate nutrition when the amendment is used. Observations are in progress to try and determine the phenomena occurring.

It can be seen (Fig. 6) that there is a certain « parallelism » between the « vigour index » curves and the curves showing the « percentage of trees bearing bunches and female flowers ».

3. — In an adult plantation.

These techniques are also being studied on an adult plantation to try and bring the compaction phenomenon under control. Although it is still too early to draw any conclusions with respect to subsoiling, there exist certain exploitation methods which should make it possible to reduce the harmful effects of plantation exploitation :

- more balanced monovalent and bivalent cation fertilization,
- reduction in the use of mechanical equipment when not essential ; research into better adapted equipment.

III. — CONCLUSION

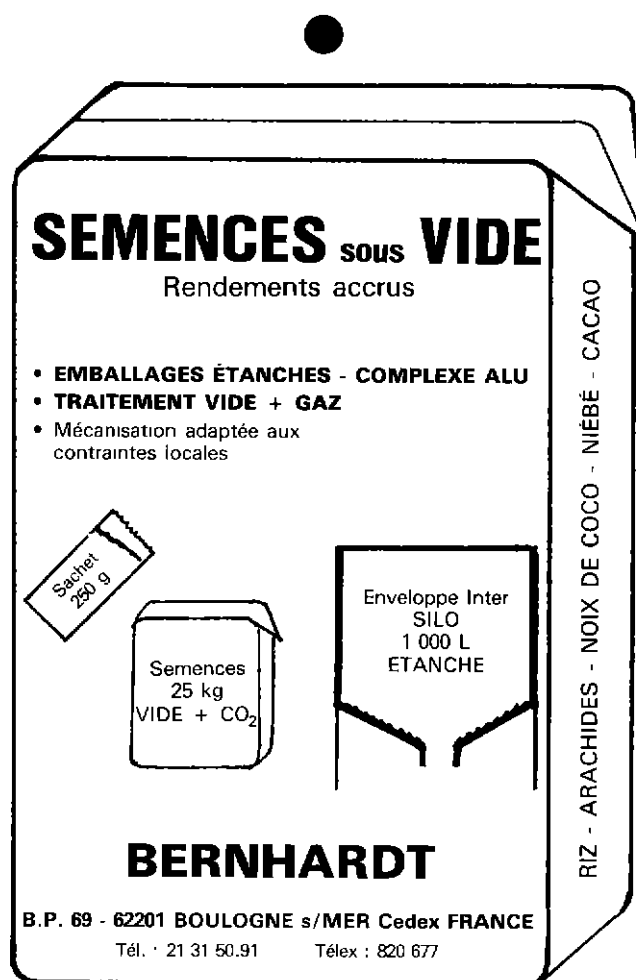
Taking the example of numerous other crops in both temperate and tropical regions, the development anomalies and low yields recorded in oil palm replantings on savannah in Côte d'Ivoire can be largely attributed to poor evolution of the sandy soils which have a tendency towards packing. Physical and chemical phenomena can be blamed.

Deep subsoiling appears to be a technique which makes it possible to create a soil structure which is again suitable for the development of young oil palms. Calcium amendments are being studied to try and stabilize this good structure. The cause of their positive effect on plant growth has not yet been explained. The introduction of bushy legume cover crops with a tap root system is also being studied.

Less extreme creation and exploitation techniques (particularly the use of heavy equipment) should enable commercial plantations to control these phenomena better. The combined introduction of simple control methods against water run off (bunds) and

erosion (placing pruned fronds in the interrow), even on land with gentle slopes, will contribute effectively to the conservation of soil fertility.

In forest areas, it has been observed that the drop in production in replantings is limited to the early harvesting years. The situation is, in fact, different from that encountered on savannah, because throughout the lifetime of 1st generation oil palms, almost half the total site is « protected » by the windrow and is not, therefore, affected by the mechanization of certain crop techniques. After a few years, the young oil palms in replantings have established their root system in the soil which has remained loose in the windrowed interrow. However, apparent density and resistance measurements carried out at La Mé have shown that the same packing phenomenon is found in the free interrow. As it is not possible to « live » on half the land, whose soil will evolve in its turn, studies on soil evolution and on techniques for the conservation or regeneration of their fertility have also been carried out on plantations in the forest area of Côte d'Ivoire and Cameroon.



Nous prions nos abonnés de bien vouloir noter que leurs règlements doivent être désormais établis :

We ask our subscribers to note that their payment should now be made as follows :

Rogamos a nuestros suscriptores que en adelante se sirvan pagarnos bien sea :

- par chèque à notre ordre (by cheque made out in our name - por cheque, a nuestra orden),
 - ou par virement au compte : (or by transfer to our account - o por transferencia a la cuenta del),
- IRHO-OLÉAGINEUX N° 16-401-10218-D, Banque WORMS, 64, rue des Vignes, 75016 Paris (France).**

MAIS NE DOIVENT PLUS ÊTRE ENVOYÉS AUX CHÈQUES POSTAUX
PAYMENT SHOULD NO LONGER BE SENT TO POSTAL CHEQUES
 Y LES ACLARAMOS QUE YA NO DEBEN ENVIARSE A LOS CHEQUES POSTALES

Paris N° 22965 44Z